



18) **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

12) **Offenlegungsschrift**
10) **DE 199 59 358 A 1**

51) Int. Cl. 7:
F 41 B 15/00
H 02 M 3/07
H 03 K 3/53

21) Aktenzeichen: 199 59 358.2
22) Anmeldetag: 9. 12. 1999
43) Offenlegungstag: 13. 6. 2001

DE 199 59 358 A 1

71) Anmelder:
TZN Forschungs- und Entwicklungszentrum
Unterlüß GmbH, 29345 Unterlüß, DE

74) Vertreter:
Behrend, R., Rechtsanwalt, 40476 Düsseldorf

72) Erfinder:
Jung, Markus, Dr., 29358 Eicklingen, DE; Weise,
Thomas, Dr., 29345 Unterlüß, DE

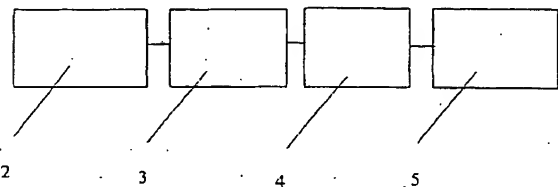
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54) **Autonome RF-Strahlungsquelle**

57) Im Bereich der nicht letalen Zerstörung von Zielen werden neben Hochleistungsmikrowellen-Quellen auch explosivstoffgetriebene RF-Generatoren verwendet. Dabei wird durch zielgerichtetes Senden von RF-Strahlen die Elektronik eines Ziels zerstört oder die Funktion durch Blenden oder Stören beeinträchtigt, ohne das Ziel selbst zu zerstören.

Der Nachteil der bekannten autonomen Hochleistungsmikrowellen-Quellen liegt darin, daß diese einen verhältnismäßig schlechten Wirkungsgrad bezüglich der elektrisch eingekoppelten zu einer in Mikrowellenstrahlung umgesetzten Leistung aufweisen, während explosivstoffgetriebene RF-Generatoren eine Abstrahlfrequenz erheblich unterhalb des gewünschten bzw. für die Aufgabe notwendigen Frequenzbereiches besitzen.

Demgegenüber wird nun vorgeschlagen, eine autonom arbeitende Hochenergiequelle (2) zur Lieferung einer autonomen Primärenergie und einen UWB-Pulser (4), der nach dem Prinzip der Erzeugung von UWB-Pulsen durch Kabelentladung arbeitet, über ein Spannungserhöhungsmodul (3) zu verbinden, so daß eine damit aufgebaute RF-Strahlenquelle (1) eine deutlich höhere Pulsleistung in den für das Ziel interessanten Frequenzbereichen oberhalb 100 MHz liefert und über eine RF-Abstrahlquelle (5) auf das Ziel abstrahlt. Bei Einsatz dieser autonomen RF-Strahlenquelle (1) als indirekt richtendes System kann somit eine deutlich höhere Pulsleistung in der RF-Strahlenquelle (1) deponiert werden. Dies geschieht hauptsächlich über den deutlich höheren ...



DE 199 59 358 A 1

Die Erfindung betrifft eine autonome RF-Strahlungsquelle nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Im Bereich der nicht letalen Zerstörung von Zielen werden neben Hochleistungsmikrowellen-Quellen (HPM = high-power-microwave) auch explosivstoffgetriebene RF-Generatoren (RF = radio frequency) verwendet. Dabei wird durch zielgerichtetes Senden von RF-Strahlen die Elektronik eines Ziels zerstört oder die Funktion durch Blenden oder Stören beeinträchtigt, ohne das Ziel selbst zu zerstören. Diese Systeme werden bei sogenannten indirekt richtenden Systemen mit Hilfe eines Trägersystems, beispielsweise einer Drohne oder Artillerierakete, in die Nähe des Zieles verbracht.

Der Nachteil der bekannten autonomen HPM-Quellen liegt darin, daß diese einen verhältnismäßig schlechten Wirkungsgrad bezüglich der elektrisch eingekoppelten zu einer in Mikrowellenstrahlung umgesetzten Leistung aufweisen.

Bei explosivstoffgetriebenen RF-Generatoren dagegen liegt die Abstrahlfrequenz erheblich unterhalb des gewünschten bzw. für die Aufgabe notwendigen Frequenzbereiches, so daß es hierbei nicht zur Zerstörung der Elektronik im Ziel, sondern nur zu Unregelmäßigkeiten in ihrer Funktion kommt. Die unzureichende Abstrahlfrequenz ist unter anderem dadurch begründet, daß durch das Trägersystem die bauliche Größe des RF-Generators vorbestimmt ist. Die notwendige Energie zur Erzeugung des Frequenzbereiches oberhalb von 100 MHz kann dabei nicht bereit gestellt werden.

Ein Hochenergie-Pulser als Hochenergiequelle wird in der DE 41 00 942 C 2 offenbart. Hierbei wird mit Hilfe von schneller detonativer Magnetfeldkompression ein Speicher auf eine weiter verwendbare Ausgangsspannung aufgeladen.

In einem Beitrag "High-power ultrawideband electromagnetic radiation generator", der auf der Konferenz der IEEE im Juni 1997 in Baltimore gehalten und in der verbandseigenen Veröffentlichung, ISB-Nr 0780342135, Seite 730 bis 735 abgedruckt wurde, sind Aufbau und Wirkungsweise von ultrawideband-pulser (UWB-Pulser), insbesondere nach Vvedenski, offenbart.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine autonome RF-Strahlenquelle (Generator) aufzuzeigen, die neben einer sicheren Blendung oder Störung auch eine sichere nicht letale Zerstörung eines Zieles gewährleistet.

Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1.

Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, eine autonom arbeitende Hochenergiequelle zur Lieferung einer autonomen Primärenergie und einen UWB-Pulser, der nach dem Prinzip der Erzeugung von UWB-Pulsen durch Kabelentladung arbeitet, derart zu verbinden, daß eine damit aufgebaute RF-Strahlenquelle eine deutlich höhere Pulsleistung in dem für das Ziel interessanten Frequenzbereichen oberhalb 100 MHz liefert und über eine RF-Abstrahlquelle auf das Ziel abstrahlt.

Dazu besteht die RF-Strahlenquelle aus einer autonomen Primärenergieversorgung, einer nachgeschalteten Spannungsverstärkerschaltung, die auf den UWB-Pulser geführt ist, sowie einer auf den UWB-Pulser abgestimmten RF-Abstrahlquelle. Bei Einsatz dieser autonomen RF-Strahlenquelle als indirekt richtendes System kann somit eine deutlich höhere Pulsleistung in der RF-Strahlenquelle deponiert werden. Dies geschieht hauptsächlich über den deutlich höheren Wirkungsgrad des UWB-Pulsers.

Vorteilhafte Ausführungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die autonome Primärenergieversorgung besteht dabei aus einer Batterie, einem Kapazitätskondensator, sprengstoffbeaufschlagten Piezogenatoren und/oder einem magnetischen Flußkompressor.

Die Spannungsverstärkerschaltung als Spannungserhöhungsmodul besteht beispielsweise aus einem Step-Up-Transformator mit einer nachgeschalteten Zwischenkapazität und einer Hochdruck-Funkenstrecke.

In einer weiteren Ausführung kann die Spannungserhöhungsschaltung statt eines Step-Up-Transformators einen Öffnungsschalter aufweisen, der auf die nachgeschaltete Zwischenkapazität geführt ist.

In einer bevorzugten Ausführung ist als Spannungserhöhungsmodul ein Marx-Generator zwischen der Primärenergiequelle und dem UWB-Pulser geschaltet. Der Marx-Generator ist dabei aus nacheinander geschalteten Zwischenkapazitäten und Hochdruck-Funkenstrecken aufgebaut.

Der UWB-Pulsers ist vorzugsweise als koaxiale Leitung mit Schalter ausgeführt, wodurch monopolare und bipolare Pulse erzeugt werden, die an die RF-Abstrahlquelle, vorzugsweise eine Breitbandantenne, abgegeben werden.

Anhand von Ausführungsbeispielen mit Zeichnungen soll die Erfindung näher erläutert werden.

Es zeigt:

Fig. 1 in schematischer Darstellung einen prinzipiellen Aufbau einer erfindungsgemäßen RF-Strahlenquelle,

Fig. 2 eine Aufbauskinne aus Fig. 1,

Fig. 3 eine Aufbauskinne für eine Spannungsverstärkung aus Fig. 2,

Fig. 3a eine Variante zur Aufbauskinne aus Fig. 3,

Fig. 4 eine Aufbauskinne für eine weitere Spannungsverstärkung aus Fig. 1,

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines UWB-Pulsers nach Vvedenski,

Fig. 5a eine einfache Variante eines weiteren UWB-Pulsers,

Fig. 6 eine Schaltungsanordnung eines Marx-Generators.

In Fig. 1 ist der prinzipielle Aufbau einer autonomen, d. h., autonom arbeitenden RF-Strahlenquelle 1 schematisch dargestellt. Die RF-Strahlenquelle 1 besteht dabei aus einer die Autonomie begründenden Primärenergieversorgung 2, einem Spannungserhöhungsmodul 3, einem UWB-Pulser 4 sowie einer RF-Abstrahlquelle 5. Diese kann vorzugsweise eine Breitbandantenne sein, die ihr Maximum der Abstrahlcharakteristik vorzugsweise im Frequenzbereich zwischen 0,9 und 2 GHz, jedoch über 100 MHz besitzt.

Die autonome Primärenergieversorgung 2 kann aus einer Batterie, einem Kapazitätskondensator, sprengstoffbeaufschlagten Piezogenatoren und/oder einem magnetischen Feldkompressor aufgebaut sein. Möglich sind auch ein Dauermagnet oder anders erzeugte Magnetfelder.

In Fig. 2 ist in einer ersten Aufbauskinne die RF-Strahlenquelle 1 dargestellt. Hierbei besteht die Primärenergieversorgung 2 aus einer Batterie 2.1 und einem magnetischen Flußkompressor 2.2.

In die Fig. 3 ist in einer ersten Aufbauskinne das Spannungserhöhungsmoduls 3 dargestellt. Hierbei besteht das Modul 3 aus einem Step-Up-Transformator Tr 1, einer Zwischenkapazität C_z sowie einer Hochdruck-Funkenstrecke G_H. Über den Step-Up-Transformator Tr 1 erfolgt dabei eine Impedanzanpassung zwischen der explosivstoffgetriebenen Primärenergieversorgung 2 aus Fig. 2 und dem UWB-Pulser 4 aus Fig. 5. Dieser UWB-Pulser 4 kann, wie in Fig. 5 schematisch dargestellt, nach Vvedenski als Kabelpulser aufgebaut sein. Hierbei besteht der Hochspannungs- bzw. UWB-Pulser 4 aus einem Kabel 7 mit einer Impedanz p, dessen Abschirmung 8 an den Kabelenden und Leiterenden 9 jeweils miteinander verbunden werden. Zwischen den Leiter-

enden 9 sind einen Widerstand R_l als Lastwiderstand und einen Widerstand R_m als Anpassungswiderstand eingebunden. Ein Stromwender K, beispielsweise ein Schalter, ist zwischen dem gemeinsamen Anschlußpunkt 10 der Abschirmung und der Masse schaltbar. Diese Anordnung ermöglicht die Erzeugung von monopolaren Rechteckpulsen (Spannung) bei unangepaßter Last $R_l \neq p$ bis $R_m = p$ sowie bipolare Pulse bei $R_m = 0$ und $R_l = p$, wobei sich die Spannungsamplitude U_A des bipolaren Pulses aus $U_A = \pm U_0/2$ bei einer gemeinsamen Länge $\tau = 2 \cdot l/v$ ergibt.

Hierbei sind l die Kabellänge und v die Wellengeschwindigkeit im Kabel.

Im Zusammenschau der Fig. 1 bis 3, sowie Fig. 5 läuft das Verfahren wie folgt ab.

Mit einem hier nicht näher dargestellten Trägersystem wird die autonome RF-Strahlenquelle 1 zum Ziel vor Ort gebracht. Dort erfolgt die Zuschaltung der Batterie 2.1, beispielsweise zeit- oder aufschlaggesteuert. Durch die Batterie 2.1 wird ein Ringzündet 2.21 des magnetischen Flußkompressors 2.2 gezündet; wodurch in herkömmlicher Art und Weise ein im Spulenkern 2.22 befindlicher Hochexplosivstoff den Spulenkörper aufreißt und die einzelnen Windungen 2.23 nacheinander kurzgeschlossen werden. Bei einer anfänglich kleinen Anfangsinduktivität und einem konstanten magnetischen Fluß wird bei nur noch einer Windung 2.23 auf dem Spulenkörper eine 100-fache Verstärkung erzeugt, die in der nicht näher dargestellten Ausgangskapazität des Flußkompressors 2.2 gespeichert wird. Dabei wird chemische Energie in eine elektrische Energie umgewandelt, wobei die Endenergie W abhängig von der Anfangsinduktivität L_0 /Endinduktivität L^* Anfangsenergie W_0 ist.

Der Ausgangsstrom des Flußkompressors 2.2 wird auf die Primärseite des Step-Up-Transformator Tr 1 gegeben. Die an der Primärseite anliegende Ausgangsspannung von einigen kV (20 bis 50 kV) wird durch den Step-Up-Transformator Tr 1 auf mehrere 100 kV Ausgangsspannung U_T angehoben. Diese Spannung U_T wird in der Zwischenkapazität C_z gespeichert und über die Hochdruck-Funkenstrecke G_H auf den UWB-Pulser 4 gegeben.

Bekanntlich hängt die Zündspannung U_{GH} der Hochdruck-Funkenstrecke G_H vom Elektrodenabstand und vom Gasdruck innerhalb der Hochdruck-Funkenstrecke G_H ab (Paschen-Gesetz). Diese Abhängigkeit ausnutzend, wird die Hochdruck-Funkenstrecke G_H so eingestellt, daß sie einen hohen, steilen Spannungsanstieg U_{GH} aufweist. Durch den UWB-Pulser 4 werden danach je nach Beschaltung monopolarer oder bipolarer Rechteckspannungspulse U_{SP} erzeugt. Die Pulslänge der Rechteckspannungspulse U_{SP} wird über die Kabellänge l des Hochspannungskabels 7 eingestellt. Wichtig dabei ist, daß U_{SP} -Pulse mit sehr niedrigen Anstiegsgeschwindigkeiten (< 1 ns) erzeugt werden. Die am Ausgang des UWB-Pulsers 4 anliegenden Spannungspulse U_{SP} gelangen danach auf die dem Kabelwiderstand des UWB-Pulsers 4 angepaßte Breitbandantenne 5, welche dann auf das Ziel zielgerichtet abgestrahlt werden.

Die durch den kurzzeitig hohen Spannungsanstieg U_{SP} erzeugte hohe elektrische Feldstärke an der Breitbandantenne 5 verursacht einen nichtthermischen Defekt der elektronischen Baugruppen und Komponenten innerhalb des Zieles und damit eine Zerstörung, Blendung oder Störung der Elektronik ohne das Ziel selbst zu zerstören.

In einer weiteren Ausführung kann anstelle des Step-Up-Transformators Tr 1 auch ein Öffnungsschalter auf Basis explodierender Drähte eingesetzt werden, wie in Fig. 3a veranschaulicht, der die nachfolgende Zwischenkapazität C_z auf einen hohen Anfangswert bringt.

Dabei stellt R_s eine Folie mit einer inneren Schaltindukti-

vität L_s und Schaltkapazität C_s dar, die mindestens einen explodierenden Draht in sich trägt. Der Ausgangsstrom des Flußkompressors 2.2 wird durch die Folie R_s geleitet. Auf Grund des sehr schnellen und starken Stromanstieges kommt es zur Erhitzung des Drahtes in der Folie R_s , der dann explodiert. Durch die schnelle Unterbrechung des Stromflusses entsteht nach $U_{CS} \approx L \cdot di/dt$ am Kondensator C_s die Spannung U_{CS} von bis zu mehreren 100 kV. Das Schaltverhalten des explodierenden Drahtes kann durch eine mechanische Reduzierung des Querschnittes verbessert werden (siehe dazu Vortrag "Analysis of hektical generator driven exploding foil opening switch experiments", der 1995 auf der Konferenz der IEEE in Albuquerque gehalten und in der verbandseigenen Veröffentlichung, ISB-Nr 0-7803-2790-X, Seite 1126 bis 1131 abgedruckt ist).

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann anstelle des Step-Up-Transformators Tr 1, der Zwischenkapazität C_z und der Hochdruck-Funkenstrecke G_H ein Marx-Generator 6 verwendet werden.

Die RF-Strahlenquelle 1 setzt sich hierbei aus der Primärenergiequelle 2, dem Marx-Generator 6, dem UWB-Pulser 4 und der Breitbandantenne 5 zusammen (Fig. 4), wobei der Marx-Generator 6 als Spannungserhöhungsmodul 3 fungiert.

Der Marx-Generator 6 ist in Fig. 6 dargestellt. Unter Ausnutzung der Spannungserhöhung durch die serielle Entladen der sich aufladenden Kondensatoren bzw. Kapazitäten C_s wird die notwendige hohe Spannung U_{MG} erzeugt.

Die in jeder Stufe I, II, III vorhandenen Stoßkapazitäten C_s werden über Ladewiderstände R_L sowie Entladewiderstände R_E und Dämpfungswiderstände R_D (der Übersichtlichkeit halber sind Entladewiderstände R_E und Dämpfungswiderstände R_D zu einem Widerstand R_{ED} zusammengefaßt) von der aus der Primärenergieversorgung 2 erzeugten Spannung U_{FA} zunächst langsam aufgeladen. Auch bei einem konstanten Wert wird unter bestimmten Widerstandsbedingungen ($R_{L1} > R_L \gg R_E > R_D$) die Spannung U_s an allen Stoßkapazitäten C_s etwa gleich groß, wobei die Funkenstrecken F_s so eingestellt sein müssen, daß diese während des langsamen Anstiegs der Spannung U_s durchschlagen. Die Funkenstrecken F_s zünden alle gleichzeitig durch, wodurch sich alle auf die Spannung U_s geladenen Kondensatoren C_s in Serie schalten und an der Belastungskapazität C_A , d. h., am Ausgang des Marx-Generators 6, eine entsprechend vervielfachte Spannung U_{MG} einstellt. Der gewünschte zeitliche Verlauf dieser Spannung U_{MG} an der Belastungskapazität C_A wird in bekannter Art und Weise durch die impulsformenden Elemente RED erzwungen. Dadurch können Stoßspannungen U_{GM} von über 300 kV erzeugt werden. Diese gelangen, wie bereits beschrieben, über den UWB-Pulser 4 an die Breitbandantenne 5 und werden dort im Frequenzbereich der Breitbandantenne 5 zielgerichtet abgestrahlt.

Der Vorteil der Verwendung des Marx-Generators 6 für dieser RF-Strahlenquelle 1 liegt darin, daß durch die Wirkungsweise des Marx-Generators 6 nacheinander mehrere, repetierte Stoßspannungen U_{GM} am Ausgang des Marx-Generators 6 erzeugt werden, die an den UWB-Pulser 4 gegeben und danach über die Breitbandantenne 5 nacheinander auf das Ziel gestrahlt werden.

Ist diese repetierende Stoßspannungserzeugung prinzipiell erwünscht, kann dieses durch den Einsatz eines zusätzlichen Ladewiderstandes zwischen dem Zwischenkreiskondensator C_z und dem Pulser 4 erzielt werden. Es ist aber auch möglich, selbstlöschende Funkenstrecken (Heliumfunkenstrecken) anstelle des Ladewiderstandes einzusetzen. Hierbei werden die durchgeschalteten Funkenstrecken wieder spannungsfest und schalten beim erneuten Erreichen der

Durchschaltspannung durch (Zerhackerbetrieb).

Mit Hilfe der repetierenden Stoßspannungserzeugung wird eine effektivere Blendung, Störung oder nicht letale Zerstörung des Zieles erreicht.

Eine weitere, einfachere Variante des UWB-Pulsers 4 ist in zusätzlich in Fig. 5a aufgezeigt. Hierbei sind beispielsweise dem Marx-Generator 6 weitere Funkenstrecken F_1, F_2 und wenn erwünscht F_{3-n} nachgeschaltet, durch die die nadelpulsartigen Stoßspannungen U_{sp} erzeugt und an die Breitbandantenne 5 zur Abstrahlung abgegeben werden.

Patentansprüche

1. Autonome RF-Strahlungsquelle, aufweisend eine autonome Primärenergieversorgung sowie eine RF-Abstrahlquelle, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Spannungserhöhungsmodul (3) sowie ein UWB-Pulser (4) zwischen der Primärenergieversorgung (2) und der RF-Abstrahlquelle (5) eingebunden sind, wodurch die von der Primärenergieversorgung (2) gelieferte Primärenergie (U_{FA}) verstärkt und als Hochspannungspulse der RF-Abstrahlquelle (5) zugeführt wird.
2. Autonome RF-Strahlenquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Primärenergieversorgung (2) aus einer Batterie (2.1), einem Kapazitätskondensator, sprengstoffgetriebenen Piezogeneratoren und/oder einem magnetischen Flußkompressor (2.2) besteht.
3. Autonome RF-Strahlenquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Spannungserhöhungsmodul (3) aus einem Step-Up-Transformator (Tr 1), einer Zwischenkapazität (C_Z) und einer Hochdruck-Funkenstrecke (G_H) besteht.
4. Autonome RF-Strahlenquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Spannungserhöhungsmodul (3) aus einem Öffnungsschalter auf der Basis explodierender Drähte, einer Zwischenkapazität (C_Z) und einer Hochdruck-Funkenstrecke (G_H) besteht.
5. Autonome RF-Strahlenquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Spannungserhöhungsmodul (3) ein Marx-Generator (6) ist, wodurch an der RF-Abstrahlquelle (5) eine repetierende Stoßspannung (U_{sp}) anliegt.
6. Autonome RF-Strahlenquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die RF-Abstrahlquelle (5) eine Breitbandantenne ist, die eine Abstrahlcharakteristik von 0,9 bis 2 GHz besitzt.
7. Autonome RF-Strahlenquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der UWB-Pulser (4) ein Kabelpulser ist.
8. Autonome RF-Strahlungsquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der UWB-Pulser (4) durch Funkenstrecken (E_1, F_2, F_3) gebildet wird.
9. Autonome RF-Strahlungsquelle nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Spannungserhöhungsmodul (3) und dem UWB-Pulser (4) ein Ladewiderstand oder eine selbstlöschende Funkenstrecke eingebunden ist, wodurch an der RF-Abstrahlquelle (5) eine repetierende Stoßspannung (U_{sp}) anliegt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

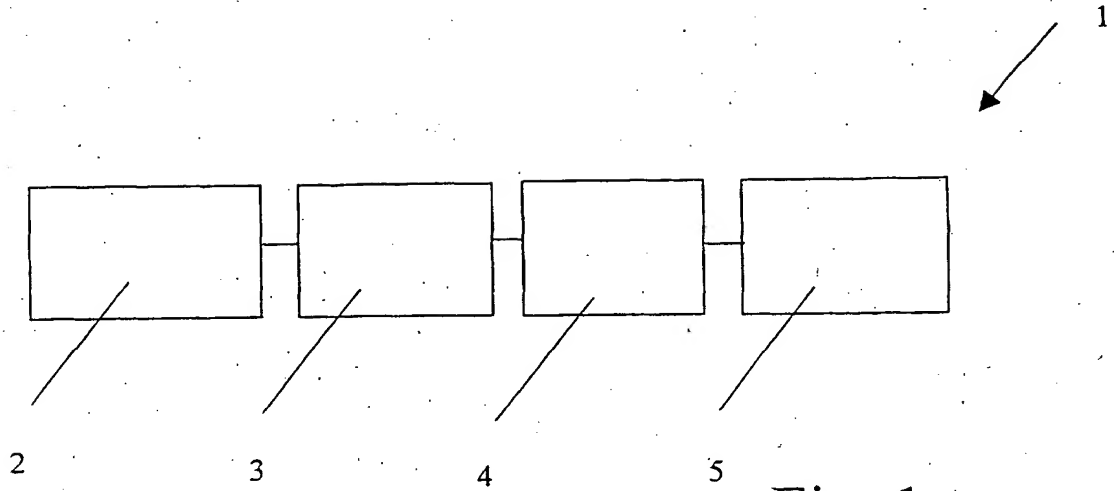


Fig. 1

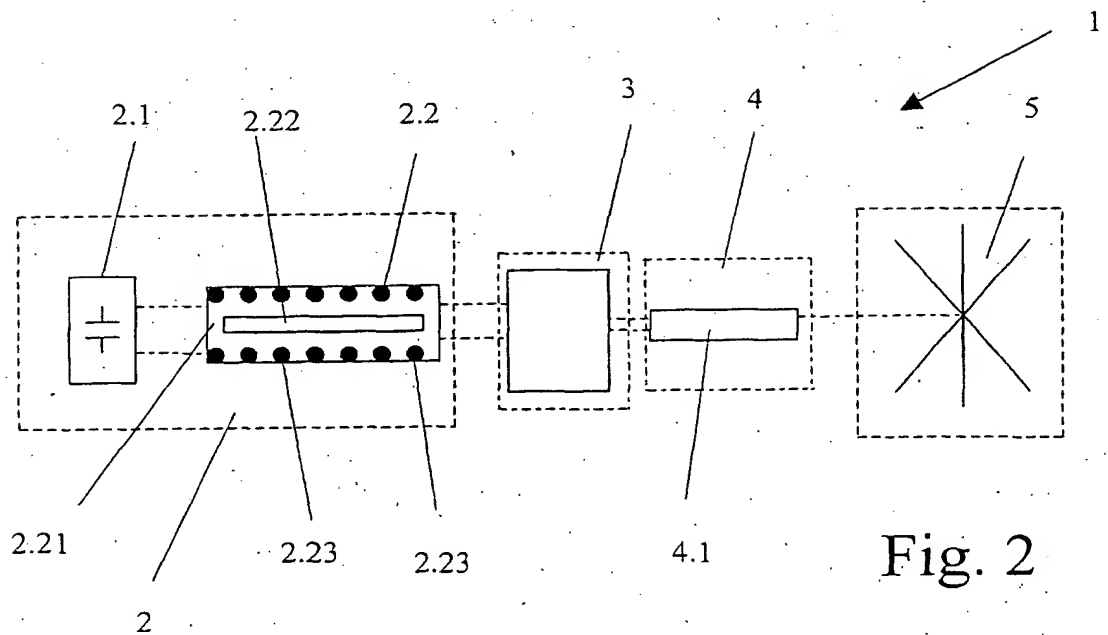
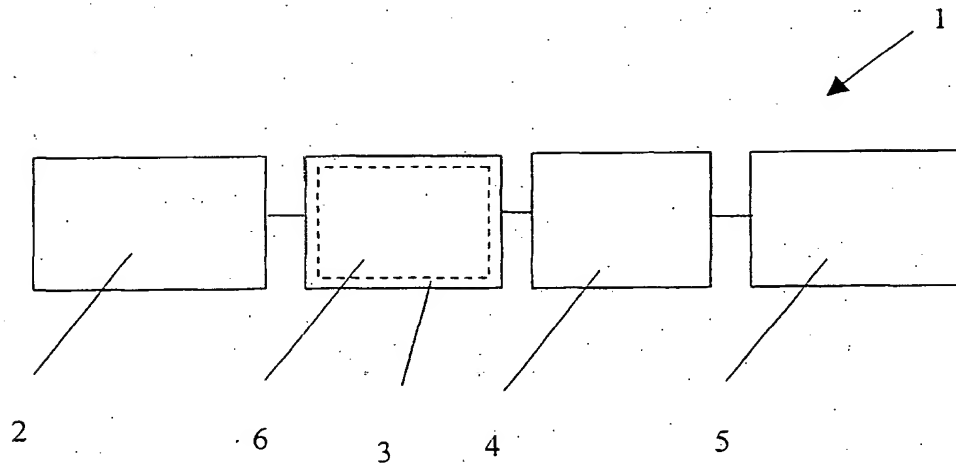
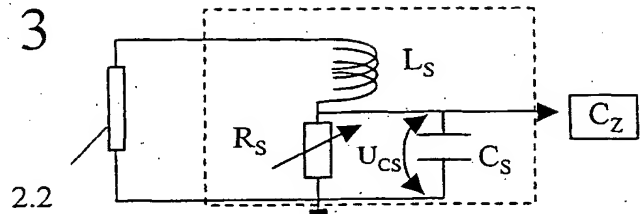
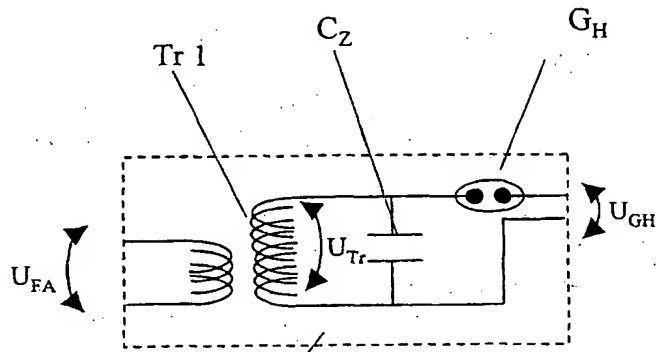


Fig. 2

- Leerseite -



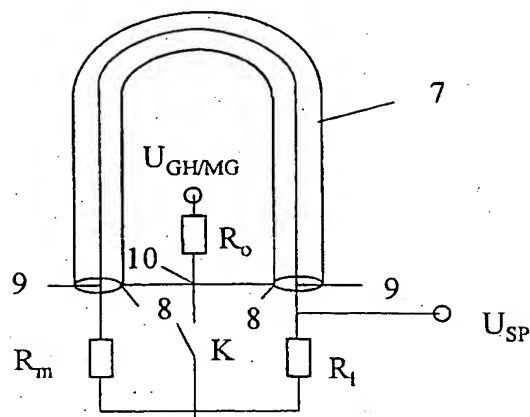


Fig. 5

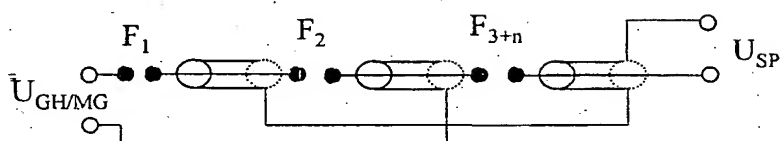


Fig. 5a

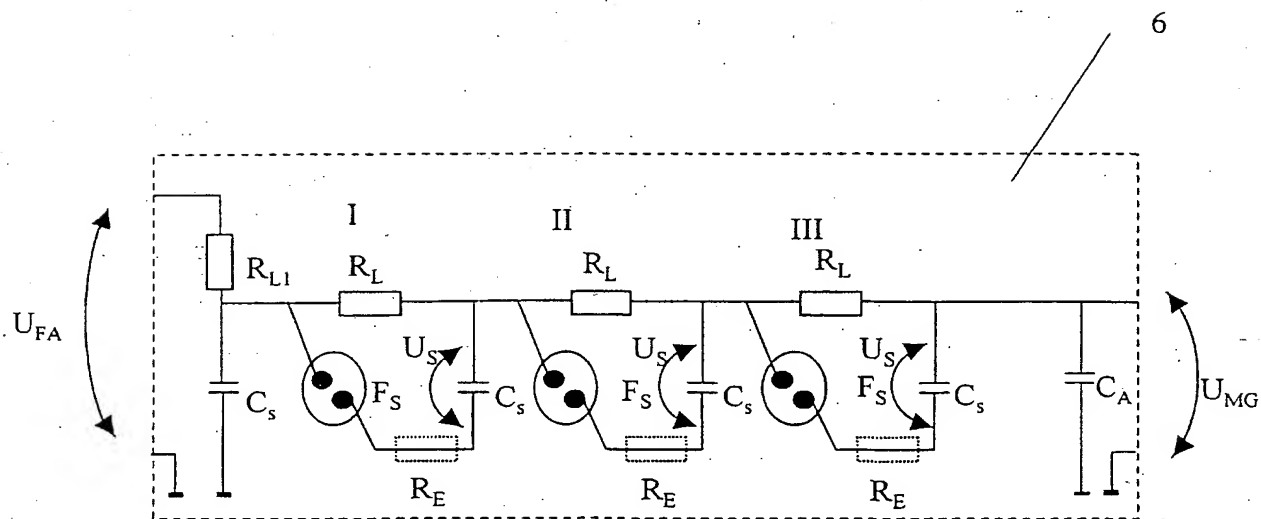


Fig. 6